

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 01-271730

(43)Date of publication of application : 30.10.1989

(51)Int.Cl. G02F 7/00  
G01D 5/26  
G02F 1/35

(21)Application number : 63-101026

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 23.04.1988

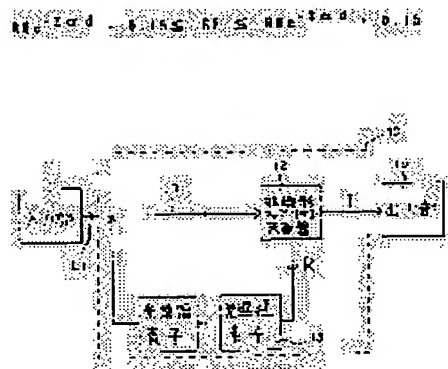
(72)Inventor : SAKATA HAJIME

## (54) OPTICAL A/D CONVERTER

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To enable fast, high-accuracy image processing by using a nonlinear Fabry-Perot resonator as a nonlinear element, and setting parameters such as the reflection factor of a resonator mirror constituting the Fabry-Perot resonator and the quantity of light absorption in the resonator properly.

**CONSTITUTION:** The nonlinear optical element 12, an optical delay element 13, and an optical amplifying element are provided and constitute a part of an optical A-D converting means. An input part 11 inputs input light L1 consisting of a linear or two-dimensional analog value to the nonlinear optical element 12 of the optical A/D converter 10. This nonlinear optical element is composed of the nonlinear Fabry-Perot resonator and an expression I hold for the reflection factors RF and RB on the incidence side and transmission side of the nonlinear Fabry-Perot resonator 12, the absorption coefficient  $\alpha$  in the resonator 12, and resonator length (d). Consequently, high-speed, high-accuracy two-dimensional parallel processing is enabled.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

**BEST AVAILABLE COPY**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## ⑫ 公開特許公報(A) 平1-271730

⑬ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成1年(1989)10月30日

G 02 F 7/00  
G 01 D 5/26  
G 02 F 1/357348-2H  
C-7015-2F  
7348-2H

審査請求 未請求 請求項の数 8 (全 21 頁)

⑮ 発明の名称 光A-D変換器

⑯ 特 願 昭63-101026

⑰ 出 願 昭63(1988)4月23日

⑱ 発 明 者 坂 田 肇 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内  
 ⑲ 出 願 人 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 ⑳ 代 理 人 弁理士 高 梨 幸 雄

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

光A-D変換器

## 2. 特許請求の範囲

(1) 入力光に対して一定のしきい値を有し、入力光が該しきい値以下のときは第1出力光としてディジット0を意味するデジタル信号に相当する強度の光を、第2出力光として該入力光強度に比例した強度の光を各々出力し、入力光が該しきい値以上のときは第1出力光としてディジット1を意味するデジタル信号に相当する強度の光を、第2出力光として該入力光強度から該しきい値を差し引いた光強度に比例する光を各々出力する非線形光素子を有する光A-D変換手段を利用した光A-D変換器において、該非線形光素子は非線形ファブリペロー共振器から成り、該非線形ファブリペロー共振器における入射側と透過側のミラーの反射率を各々RF、RBとし、共振器内の吸収係数を $\alpha$ 、共振器長をdとしたとき

$$RRe^{-2\alpha d} - 0.15 \leq RF \leq RRe^{-2\alpha d} + 0.15$$

なる条件を満足することを特徴とする光A-D変換器。

(2) 前記光A-D変換手段は前記非線形光素子からの第2出力光を予め設定した増幅処理を行う光増幅素子を介した後、該非線形光素子に入力光として再入力する構成の光学的な帰還系を有していることを特徴とする請求項1記載の光A-D変換器。

(3) 前記第2出力光はアナログ信号光であり、前記光増幅素子は入力されたアナログ信号光の強度を該アナログ信号光が前記非線形光素子に再入力するとき2倍となるように増幅処理をしていることを特徴とする請求項2記載の光A-D変換器。

(4) 前記非線形光素子と前記光増幅素子とを光学的に帰還配置した帰還系の光路中の一部にこれらの各素子間での光信号が互いに混合しないように光遅延を行うための光遅延素子を設けたことを特

徴とする請求項 3 記載の光 A-D 変換器。

(5) 前記光 A-D 変換手段は前記非線形光素子のしきい値を前記第 2 出力光が該非線形光素子に再入力するとき 1/2 倍となるような制御部を有していることを特徴とする請求項 1 記載の光 A-D 変換器。

(6) 前記光 A-D 変換手段は前記非線形光素子からの第 2 出力光を、該非線形光素子に入力光として再入力する構成の光学的な帰還系を有していることを特徴とする請求項 5 記載の光 A-D 変換器。

(7) 前記非線形光素子を有した帰還系の光路中の一部に光信号が該非線形光素子内で互いに混合しないように光遅延を行う為の光遅延素子を設けたことを特徴とする請求項 6 記載の光 A-D 変換器。

(8) 前記光 A-D 変換手段への入力光は 3 原色分離手段により多色画像情報から空間的若しくは時系列的に得た 3 原色の画像情報を有する光を波長変換手段に入力し、該波長変換手段により各々

一定の波長より成る画像情報に変換した光であることを特徴とする請求項 1 記載の光 A-D 変換器。

### 3. 発明の詳細な説明

#### (産業上の利用分野)

本発明は光 A-D 変換器に関し、特に非線形フアブリペロー共振器から出力される 2 種類の出力光を利用した光学的並列処理が可能な高精度の光 A-D 変換器に関するものである。

#### (従来の技術)

近年画像処理分野や画像通信分野等においては画像に関するアナログ画像情報を光、又は電気的なデジタル情報に変換する所謂 A-D 変換器を用い該 A-D 変換器より得られたデジタル情報を計算機で高精度、高速度にデジタル処理することが行なわれている。

このうち特に画像処理分野における技術は発達が著しく、多種、多様でしかも高速及び高精度な A-D 変換器が求められている。

一般に画像処理において高精度化を図ろうとす

3

ると 1 枚の画像の画素数が増加する。一方最近では 1 枚の画像の情報量が増加してきている。従って 1 画素当りの処理時間は従来以上に高速度に処理することが要求されている。

例えば具体的数値を挙げると 10 ビット用の A-D 変換素子の処理速度はかなり高速な素子で現在約 0.1  $\mu$ sec 程度である。

処理画素数が例えば 100 $\times$ 100 画素であると画像全体で約 1 msec の処理時間を要する。又 1000 $\times$ 1000 画素であると約 100 msec となり、かなり処理時間が長くなって来る。

この為、最近電気的処理に代わって光を利用して並列に処理を行ない高速度化を図ろうとすることが例えば特開昭 54-11750 号公報や特開昭 56-151921 号公報等で提案されている。同公報では電気的なアナログ情報を光信号に置き換えると同時に適度フィルター若しくは音響光学効果を用いた光学的処理により量子化を行い量子化レベルに応じて電気信号として 2 値化を行っている。

しかしながらこれらの公報では量子化段階のみ

4

光信号を用いている為、2 値化する段階で量子化レベル数だけの光電変換素子、符号発生回路等を必要とする。この為量子化レベル数が処理ビット数に応じて増大すると構成がそれにつれて複雑となり、又光学的処理が一部にしか使われていない為、全体として高速度化が困難であった。

又、電気的チップを使用せずに A-D 変換を行う方法が例えば特開昭 58-152225 号公報で提案されている。しかしながら同公報では光学的アナログ量を単に 2 段階に区別するものであり使用用途が極めて限られている。

以上のように従来の画像処理においては光学的に A-D 変換を行うことにより高速度化を図ることが大変困難であった。

#### (発明が解決しようとする問題点)

本発明は高速度でしかも高精度に 2 次元的な並列処理が可能な特に画像処理や画像通信等の分野に好適な光 A-D 変換器の提供を目的とする。

特に本発明は非線形光素子として最適化された非線形フアブリペロー共振器を用いることにより

高精度な光 A-D 変換器の提供を目的としている。

本発明の更なる目的は画像処理においては 1 画素のビット数が任意に設定でき画像の諧調性を適切に設定することができる光 A-D 変換器の提供にある。

本発明の更なる目的は多色画像情報から特定色、例えば 3 原色の画像情報を空間的若しくは時系列的に分離抽出し、並列処理を行うことにより多色画像情報であっても効率的にしかも高速処理が可能な光 A-D 変換器の提供にある。

(問題点を解決するための手段)

入力光に対して一定のしきい値を有し、入力光が該しきい値以下のときは第 1 出力光としてディジット 0 を意味するデジタル信号に相当する強度の光を、第 2 出力光として該入力光強度に比例した強度の光を各々出力し、入力光が該しきい値以上のときは第 1 出力光としてディジット 1 を意味するデジタル信号に相当する強度の光を、第 2 出力光として該入力光強度から該しきい値を差し引

いた光強度に比例する光を各々出力する非線形光素子を有する光 A-D 変換手段を利用した光 A-D 変換器において、該非線形光素子は非線形ファブリペロー共振器から成り、該非線形ファブリペロー共振器における入射側と透過側のミラーの反射率を各々 RF、RB とし、共振器内の吸収係数を  $\alpha$ 、共振器長を d としたとき

$$RB e^{-2\alpha d} - 0.15 \leq RF \leq RB e^{-2\alpha d} + 0.15$$

なる条件を満足することである。

(実施例)

第 1 図は本発明の光 A-D 変換器の第 1 実施例のブロック図である。同図において 10 は光 A-D 変換器であり、非線形光素子 12 と光遅延素子 13 そして光増幅素子 14 を有している。

尚、非線形光素子 12 と光遅延素子 13 そして光増幅素子 14 は光 A-D 変換手段の一部を構成している。

11 は入力部であり、例えば光 A-D 変換する為の画像情報等の 1 次元又は 2 次元的なアナログ

7

量より成る入力光 L1 を光 A-D 変換器 10 の非線形光素子 12 に入力している。本実施例における非線形光素子 12 は入力光 L1 に対して一定のしきい値を有し、該しきい値を基準にして同時にデジタル信号より成る第 1 出力光 T とアナログ信号より成る第 2 出力光 R の 2 種類の出力光を出力する非線形ファブリペロー共振器（以下「ファブリペロー共振器」という。）を利用している。

光遅延素子 13 は非線形光素子 12 から入力されてくる第 2 出力光 R を一定時間遅延させて出力している。光増幅素子 14 は光遅延素子 13 から入力されてくる第 2 出力光 R を一定の増幅率で線形に増幅した後、非線形光素子 12 に入力光として再入力している。15 は出力部である。

本実施例においては入力部 11 からのアナログ信号より成る入力光 L1 をファブリペロー共振器 12 に入力する。ファブリペロー共振器 12 は一定のしきい値を有し、例えば第 2 図 (A)、(B) に示すように入力光 L1 の光強度 I がしきい値  $I_c$  以下のときは第 1 出力光 T として同図 (A) に示す

8

ディジット 0 を意味するデジタル信号に相当する強度  $I_0$  の光を、第 2 出力光 R として同図 (B) に示す入力光の強度に比例した強度  $I_{R0}$  の光を各々出力している。

又、入力光の強度 I がしきい値  $I_c$  以上のときは第 1 出力光 T として同図 (A) に示すディジット 1 を意味するデジタル信号に相当する強度  $I_1$  の光を、第 2 出力光 R として同図 (B) に示すように入力光強度 I からしきい値を差し引いた光強度に比例する強度  $I_{R1}$  の光を各々出力している。

このようにファブリペロー共振器 12 からの第 1 出力光 T は第 2 図 (A) に示すステップ状のデジタル信号であり、第 2 出力光 R は第 2 図 (B) に示すように入力光強度が一定値までは該入力光強度に比例し、一定値に達すると一時 0 となり再び入力光強度に比例して線形に増加するアナログ信号となっている。

そしてファブリペロー共振器 12 からの出力光のうち第 2 出力光 R を光遅延素子 13 に入射させている。光遅延素子 13 はファブリペロー共振器

12からの第2出力光を光増幅素子14で増幅して非線形光素子12に再入力させる帰還系の任意の一部に設けられており、ファブリペロー共振器12で処理される情報が帰還中に先の光情報と混合しないようにタイミングをとる為に一定時間遅延させている。光遅延素子13で遅延された第2出力光Rは光増幅素子14に入射する。光増幅素子14では入力光を一定の増幅率で例えばファブリペロー共振器12に入力光強度に対して2倍となるように増幅している。

以上のように本実施例では光A-D変換手段10において、アナログ信号である入力光L1に対しファブリペロー共振器12を介した帰還系を構成することにより該光A-D変換手段10より順次デジタル信号である第1出力光Tを得ている。

このように本実施例の光A-D変換器は入力から出力に至る情報を全て光で処理してA-D変換している。

尚、本実施例において光情報が短いパルス光で

1 1

線形媒質であり吸収係数 $\alpha$ 、ファブリペロー共振器長 $d$ を有し、屈折率 $n$ は $n = n_0 + \Delta n I_c$ で表わしている。ここで $n_0$ は暗状態での屈折率であり、 $I_c$ は内部光強度であり、 $\Delta n$ は内部光強度に応じた非線形屈折率係数である。34は入力光であり光強度を $I_0$ 、35は透過光で通常第1出力光の機能を果たし光強度を $I_t$ 、36は反射光で通常、第2出力光の機能を果たし光強度を $I_R$ としている。

ファブリペロー共振器の透過率 $T$ を

$$T = I_t / I_0 \quad \dots \dots \dots (1)$$

とすれば、透過率 $T$ は共振器をチューニングすることにより変化する。最も透過率 $T$ の高くなる共振状態は $m$ を整数、 $\lambda$ を使用波長とすると

$$n \cdot d = m \cdot \frac{\lambda}{2} \quad \dots \dots \dots (2)$$

のときに得られる。

又、ファブリペロー共振器では内部光強度と透過光強度との間で次の関係が成立する。

$$I_T = B \cdot I_c \quad \dots \dots \dots (3)$$

1 3

あり、帰還中に時間の前後で混合する心配のない場合は光遅延素子13を省いても良い。

本実施例で用いた非線形ファブリペロー共振器は、例えば非線形屈折率を有する媒質をファブリペロー共振器内に配置した構成より成り、入力光強度によって透過光強度(第1出力光に相当)及び反射光強度(第2出力光に相当)が非線形に変化する非線形な光機能素子としての作用を有している。

本実施例ではこのときの入力光-透過光及び入力光-反射光の光強度特性を最適化するため前述の如くファブリペロー共振器における非線形媒質の吸収係数、共振器長、共振器ミラーの入射側と透過側の各反射率等や共振器の共振条件からの初期位相ずれ等を設定することの特徴としている。

第3図(A)は本実施例に係るファブリペロー共振器の一実施例の概略図である。同図において31は入射側のミラー(前面ミラー)で強度反射率 $R_F$ を有し、32は透過側のミラー(後面ミラー)で強度反射率 $R_B$ を有している。33は非

1 2

但し、 $B$ は以下のように表わされる。

$$B = \frac{\alpha \cdot d \cdot (1 - R_B) \cdot e^{-\alpha d}}{(1 - e^{-\alpha d})(1 + R_B e^{-\alpha d})}$$

(1)及び(3)式より

$$T = B \cdot \frac{I_c}{I_0} \quad \dots \dots \dots (4)$$

となる。

共振状態は入力光強度 $I_0$ の共振による増大効果で内部光強度 $I_c$ が大きくなって実現する。屈折率が内部光強度 $I_c$ に依存する様子は、

$$n = n_0 + \Delta n I_c \quad \dots \dots \dots (5)$$

の如く表わされる。

これを用いてはファブリペロー共振器のチューニングの様子を表わす式は以下になる。

$$T = \frac{A}{1 + F \sin^2 \left( \frac{2\pi}{\lambda} n \cdot d + \delta_0 \right)} \quad \dots (6)$$

但し、

$$A = \frac{(1 - R_F)(1 - R_B) e^{-\alpha d}}{(1 - R_{\alpha})^2}$$

1 4

$$F = \frac{4 \cdot R \cdot \alpha}{(1 - R \cdot \alpha)^2}$$

$$R_{\alpha} = \sqrt{R_F \cdot R_B} \cdot e^{-\alpha d}$$

5. は初期位相ずれであり、共振状態との関係は第3図(B)に示すようになっている。第4図(A)に(3)式と(6)式における $I$ と $I_0$ を示す。(3)式と(5)式より $I_0$ を除去して $I_0$ と $I_F$ の関係を第4図(B)に示す。第4図(B)において $I_0$ が0から増大するにつれて $I_F$ は徐々に増大する。しかし $I_0$ がE点に達すると $I_F$ はジャンプしF点に達する。逆に $I_0$ を減少させると $I_F$ は上のブランチを通過してG点まで減少しG点でH点まで落下する。このように $I_0$ の適切な範囲で双安定現象が起きている。

本実施例で使用される光A-D変換器では非線形ファブリペロー共振器に入力する光はパルス的であり、増強して再び光が入力する間に毎回入力光は0となり、つまりリセットされるため、実際に重要な入出力特性は第4図(B)の下側ブランチ

チを通る曲線となる。しきい値 $I_{th}$ はE点である。前述のメカニズムは透過光について説明したが、反射側についても全く同様にして得ることが可能である。

尚、この場合は以下の2式について解くことになる。

$$I_R = I_0 - C \cdot I_0 \quad \dots \dots \dots (7)$$

$$I_0 = \frac{D \cdot I_0}{1 + F \sin^2 \left( \frac{2\pi}{\lambda} n \cdot d + \delta_0 \right)} \quad \dots (8)$$

但し

$$C = \frac{\alpha \cdot d (1 - R_B e^{-\alpha d})}{(1 + R_B e^{-\alpha d}) (1 - e^{-\alpha d})}$$

$$D = \frac{(1 - R_F) (1 + R_B e^{-\alpha d}) (1 - e^{-\alpha d})}{\alpha d (1 - R_{\alpha})^2}$$

第5図はこのとき得られる双安定性を示す入出力特性の概略図である。実際に光A-D変換器に関わる入出力特性は第5図の上側ブランチを通る曲線である。

前述の如く、高精度な光A-D変換器を実現す

1 5

るためには非線形ファブリペロー共振器が第2図(A),(B)に示すような入出力特性に近いことが望ましい。即ち、透過側入出力特性については、階段状が望ましく、又反射側入出力特性については、しきい値で急峻な変化を持ち、それ以外は直線的な鋸歯波状が望ましい。

本実施例では高精度の光A-D変換器を得る為に前述の如く各要素を設定している。即ち、入力光強度 $I_0$ と透過光強度 $I_t$ との関係を式で表わすと(3),(4),(5),(6)式から

$$I_t \{ 1 + F \sin^2 [ 2\pi d \cdot \Delta n \cdot I_t / (B \cdot \lambda) + \delta ] \} - B \cdot D \cdot I_0 = 0 \quad \dots \dots \dots (9)$$

という超越方程式が得られる。

但し

$$\delta = 2\pi d \cdot n_0 / \lambda + \delta_0$$

である。

同様に入力光強度 $I_0$ と反射光強度 $I_R$ との関係は(7),(8),(5)式から以下の超越方程式で得られる。

1 6

$$(I_0 - I_R) \cdot \{ 1 + F \sin^2 [ 2\pi d \cdot \Delta n \cdot (I_0 - I_R) / (C \cdot \lambda) + \delta ] \} - C \cdot D \cdot I_0 = 0 \quad \dots \dots \dots (10)$$

(9)式及び(10)式の超越方程式を解くことにより、例えば第6図及び第7図で示すような入出力関係が得られる。式及び図から入出力の関係は以下の包絡線で挟まれる。

透過側は

$$I_t = B \cdot D \cdot I_0 \quad \dots \dots \dots (11)$$

$$I_t = B \cdot D \cdot I_0 / (1 + F) \quad \dots \dots \dots (12)$$

書き換えると

$$I_t = I_0 (1 - R_F) (1 - R_B) e^{-\alpha d} / (1 - R_{\alpha})^2 \quad \dots \dots \dots (11)'$$

$$I_t = I_0 (1 - R_F) (1 - R_B) e^{-\alpha d} / (1 + R_{\alpha})^2 \quad \dots \dots \dots (12)'$$

反射側は

$$I_R = (1 - C \cdot D / (1 + F)) \cdot I_0 \quad \dots \dots \dots (13)$$

$$I_R = (1 - C \cdot D) \cdot I_0 \quad \dots \dots \dots (14)$$

1 7

1 8

書き換えると

$$I_R = I_0 (\sqrt{R_F} + \sqrt{R_B} \cdot e^{-\alpha d})^2 / (1 + R_B)^2 \quad \dots \dots \dots (13)$$

$$I_R = I_0 (\sqrt{R_F} - \sqrt{R_B} \cdot e^{-\alpha d})^2 / (1 - R_B)^2 \quad \dots \dots \dots (14)$$

となる。

光 A-D 変換器を高精度に実現するために、この非線形ファブリペロー共振器の入出力特性において最も重要な点は、入力光強度がしきい値を超える位置で、反射光強度が急激にドロップすることである。

つまり入力しきい値前後の出力値の差、つまり ON-OFF 比を可能な限り大きく設定することが非線形ファブリペロー共振器の最適化につながる。そのための最も効果的な方法は第 6 図、第 7 図の下側包絡線の傾きを 0 に近づけることである。

透過側は (12)' 式より

$$(1 - R_F)(1 - R_B) \rightarrow 0 \quad \dots \dots \dots (15)$$

同様に反射側は (14)' 式より

19

率を

$$R_F / R_B \rightarrow e^{-2\alpha d} \quad \dots \dots \dots (16a)$$

の如く設定することが好ましい。

特に本実施例においてはファブリペロー共振器における各要素を

$$R_B \cdot e^{-2\alpha d} - 0.15 \leq R_F \leq R_B \cdot e^{-2\alpha d} + 0.15 \quad \dots \dots \dots (17)$$

の如く設定するのが光 A-D 変換を高精度に行うのに好ましい。

又、第 7 図からわかるように下側包絡線の傾きが 0 に近づくのは必須条件であるが、同時に上側包絡線の傾きがあまり小さくならないようにすることが重要である。つまり反射光の強度が極端に低いと光利用率が低くなり、且つ光増幅器の増幅利得を高めなければならず、光 A-D 変換器全体のシステムとして好ましくない。この傾向は第 9 図にも表われている。

$R_F / R_B = e^{-2\alpha d}$  の近傍に最適条件が存在するが、その中でも  $R_F$ 、 $R_B$  が比較的大きな状態の

$$R_F / R_B \rightarrow e^{-2\alpha d} \quad \dots \dots \dots (16)$$

となる。

次に具体的な実施例について説明する。

非線形ファブリペロー共振器の吸収量  $\alpha d$  を 0.5 と固定し、入力しきい値前後での出力値を計算し、ON/OFF 比としてプロットした図を第 8 図、第 9 図に示す。同図においては (15) 式 (16) 式の傾向が良く示されている。

同図に示すように透過側と反射側とでは最適設計の範囲が異なってくる。光 A-D 変換のためには一般にはしきい値で出力値が 0 から遠ざかればその値だけフィードバックされて誤差を生じるから特に反射側の入出力特性が重要となってくる。

一方、透過側の出力値は、ディジタル値としてとらえる点及びフィードバックしない点から反射側ほど条件がきびしくない。

この為、光 A-D 変換器を設計する基本として非線形ファブリペロー共振器の共振器ミラー反射

20

方が望ましいことが明らかである。

多くの場合、少なくとも  $R_F$ 、 $R_B$  のいずれかが反射率 0.3 以上つまり 30% 以上であることが望ましい。特に  $R_B$  の値が大きい場合の方がさらに望ましい。

尚本実施例においては  $\alpha \cdot d$  つまり非線形媒質での吸収量が小さいほど (16a) 式での  $R_F / R_B$  の値は 1 に近づき、従って (15) 式で示す傾向を同時に満足する条件が出てくる。

本実施例では便宜上、固定パラメータとした吸収係数  $\alpha$  やファブリペロー共振器長  $d$  など素子の設計においては、重要なパラメータである。

第 10 図、第 11 図に入出力特性の測定例を示す。ここで設計した値  $R_F / R_B = 0.3/0.8 = 0.375$  は  $e^{-\alpha d} = 0.368$  に近く (16a) 式をほぼ満足している。そのため反射光強度がしきい値で、0 近くに落ちることが明らかである。

本実施例において入力画像としては例えば写真フィルム、写真プリント、種々のプリントのようなハードコピーや CRT、液晶表示装置あるいは



空間光変調器のようなソフトコピーなどが挙げられる。

光 A-D 変換器への入力光は入力画像に応じて透過光であったり、反射光であったり、或は自然光によるものであったりする。又、非線形フアブリペロー共振器の波長感度に合わせて空間光変調器などを用いて波長変換することも可能である。

第 12 図は本発明において入力画像から光 A-D 変換器への入力方法の具体的な一実施例の概略図である。

本実施例では所謂光描込み型空間光変調器を用いている。受光層 123 として光伝導性を有する Cds を用い、光変調層 124 として受光量に応じて Cds の電界が変化するのを利用して電界変化を起こす液晶を用いている。

その他、受光層 123 として半導体を用いたフォトダイオード、フォトランジスタを用いても良い。又光変調層 124 としては液晶以外に電気光学効果を持つものとして PLZT, LiNbO<sub>3</sub>, Bi<sub>12</sub>SiO<sub>20</sub> 等を用いても良い。更に同一波長を持つ光を出力

する手段として発光ダイオード、半導体レーザー等を用いても良い。

本実施例においては各受光層 123 に入力画像 122 が描き込まれ、しかる後に光変調層 124 へフアブリペロー共振器に応じた波長を持つ光 127 偏光ビームスプリッター 125 を介して入射させ、偏光ビームスプリッター 125 を通して反射光 128 として該波長よりなる入力画像情報を持つ画像を得ている。

次に本実施例の動作原理の具体例について説明する。

第 13 図は 2 次元アナログ量より成るデジタル変換すべき画像の一例である。本実施例では簡単の為、同図の X-X' 線上の画像を抽出して第 14 図 (A) に示す強度分布のアナログ画像をデジタル画像に変換する場合について説明する。第 14 図 (A) において横軸は空間的位置、縦軸は光強度であり、以下これを n ビットの 2 値情報にデジタル化する場合について説明する。

第 14 図 (A) のアナログ情報が入力部 11 か

2 3

ら出力し、フアブリペロー共振器 12 に達すると予め設定している例えば入力光強度  $2^{n-1}$  の値をしきい値として第 1 出力光 T は第 14 図 (B) に示すデジタル的出力光となり、第 2 出力光 R は第 14 図 (C) に示す同図 (A) から同図 (B) を引いたようなアナログ的出力光となる。

第 14 図 (B) の出力形態は入力光の強度がしきい値  $2^{n-1}$  を超えた場合にディジット 1 に相当する値を出力し、超えない場合はディジット 0 に相当する値を出力している。つまり n ビットの最上位 (MSB) を表わしている。

第 14 図 (C) の出力形態は入力光がしきい値  $2^{n-1}$  以下の情報を表わしている。そして同図 (C) に示す形態の第 2 出力光 R は光遅延素子 13 を通って光増幅素子 14 に達し再びフアブリペロー共振器 12 に入力される帰還系での損失を考慮してしきい値  $2^{n-1}$  で処理し出力したフアブリペロー共振器での強度の 2 倍となる値が、該フアブリペロー共振器 12 に入射するような増幅を受け第 14 図 (D) に示す強度分布となる。

2 4

従って、フアブリペロー共振器 12 に再入力するときのフアブリペロー共振器のしきい値は  $2^{n-1}$  で一定であるが実質上判別するしきい値は前回の  $1/2$  の  $2^{n-2}$  となる。この為フアブリペロー共振器 12 からは第 1 出力光 T として第 14 図 (F) に示すような  $2^{n-2}$  の大きさのビット出力を、第 2 出力光 R として第 14 図 (E) に示すような  $2^{n-2}$  以下の情報を各々出力する。

本実施例では以上の動作をビット数繰り返して MSB ( $2^{n-1}$ ) から LSB ( $2^0$ ) まで順に例えば第 15 図に示すような 1, 0, 1, 1, ... の様なデジタル化した画像情報を得ている。

尚、第 15 図では横軸を画素で区切って表わしている。

以上の説明では 1 次元画像情報が並列に処理されているが無論実際には 2 次元画像が並列に処理されていることになる。

光増幅素子 14 としては 2 種類あり、1 つは純光型で他の 1 つは増幅器の際光-電気-光と変化した光電型である。本実施例では所望の線形の

増幅が得られるものであればいずれも適用可能である。

純光型としては増幅用レーザを利用したものがあり、利得を有する媒質中への入射光を増幅させた後、射出させている。利得の大きなレーザ媒質なら波長に合わせて選べば使用可能である。

例えば、AlGaAs/GaAs 半導体レーザ、金属蒸気レーザ、或は色素レーザ等を用いた光増幅素子が適用可能である。

又、入出力特性の非線形性を利用して例えば第16図に示すようにトランジスタ的に増幅を行う非線形素子や、或は光誘起屈折率効果を有する結晶中で信号光とポンプ光を混合させ、ポンプ光のエネルギーを信号光に移送させることにより増幅を行う素子を利用することも可能である。

光誘起屈折率効果の大きな結晶としては、 $\text{BaTiO}_3$ 、 $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ 等がある。その他BSO( $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ )や液晶等の空間光変調器を利用して光増幅素子を構成しても良い。

光電型としてはCCD、フォトリソグラフィ、

27

画像を用いた場合を示したが、アナログ入力画像として多色の画像を用いる場合には3原色分離手段と波長変換手段を入力部と光A-D変換手段との間に設けた構成とすれば良い。

第18図に示す実施例2では4ビットの光A-D変換を行っている。同図において121は照明光源でGaAlAs/GaAs半導体レーザ(波長830nm)等から成っている。122はアナログ入力画像で、ここでは連続的に諧調の異なる白黒フィルムより成っている。181はビームスプリッター、14は光増幅素子でGaAlAs/GaAs半導体レーザ等から成っている。12はGaAsとGaAlAsを交互に積層したMQW(Multi-Quantum-Well)構造を持つ非線形ファブリペロー共振器から成っている。13は光遅延素子で光ファイバーを用い遅延時間を1ビット処理時間に相当する長さとなるようにして用いている。尚、以下の実施例で同一要素には同符号を付している。

本実施例ではファブリペロー共振器12に入力したアナログ入力画像122は $2^3$ の大きさのピッ

光導電層とPLZT若しくは液晶を組み合わせたもの、光電子増幅管を利用したマイクロチャンネルプレートとLiNbO<sub>3</sub>を組み合わせたもの等が使用可能である。

光遅延素子13として遅延時間が固定のものは光ファイバーを利用したものがある。短い光パルス信号光として利用する場合、ファイバ中の分散により光パルスが長くなるのが問題となる場合にはファイバの折り返し端に位相共役板を設置すれば良い。

又、遅延時間が可変で制御可能なものとしては光蓄積素子若しくは空間光変調器とクロック素子とを組み合わせ第17図に示すような構成とすれば第1図と同様の光A-D変換器を達成することができる。

次に本発明の各実施例の具体的な構成例について説明する。第18図、第21図、第22図は各々順に本発明の実施例2~4の概略図である。

実施例2~4においてはアナログ入力画像として簡単のため第1図に基づく単色の例えば白黒の

28

ト出力を第1出力光Tとしてビットプレーン182に出力し、同時に残りの $2^3$ 以下のアナログ画像情報を光増幅素子14の方向に第2出力光Rとして出力している。第2出力光Rは光増幅素子14で増幅され、光遅延素子13で遅延された後、ビームスプリッター181で反射し、前記のプロセスと同様にファブリペロー共振器12に入力し、次はファブリペロー共振器12より $2^3$ の大きさのビット出力を第1出力光Tとして出力し、同時に $2^3$ 以下のアナログ画像情報を光増幅素子14の方向に第2出力光Rとして出力している。以下同様にしてファブリペロー共振器12からはビット数に応じて $2^1$ 、 $2^0$ に相当するデジタル画像情報を第1出力光として出力している。

本実施例では入力光としては、100nsecのパルス光を用いており、光増幅素子及びファブリペロー共振器の応答時間が凡そ10nsec、非線形光素子の緩和時間は凡そ40nsecである。

1周回時間を500nsecとする為、光ファイバの長さを100μとした。4ビットを処理するのに結局

2  $\mu\text{sec}$  だけ要した。ただし、本処理では画像情報を並列に扱う為、実質的処理速度は極めて高くなっている。

本実施例におけるファブリペロー共振器の入力-透過特性及び入力-反射特性を第19図(A)、(B)に示す。同図におけるファブリペロー共振器を用いたときの4ビット処理の結果を第20図に示す。

本実施例においては吸収係数  $\alpha$  ( $\mu\text{m}^{-1}$ ) と共振器長  $d$  ( $\mu\text{m}$ ) の積  $\alpha d$  は  $\alpha d = 0.1$  としており、従って共振器ミラーの反射率  $R_F$ 、 $R_B$  は  $R_F / R_B = e^{-2\alpha d}$  の条件から

$$R_F / R_B = 0.8$$

となる。ここでは  $R_F = 0.7$ 、 $R_B = 0.85$  としている。

本実施例によれば第19図に示すように透過側はステップ状の入出力特性が得られ、且つ反射側はしきい値で出力値が0となる鋸歯状の入出力特性が得られる。

尚、第20図において横軸は入力アナログ量を

3 1

る。

以上の構成により前述の実施例2と同様な光A-D変換を行ない同様の結果を得た。

第21図に示す実施例3では光遅延を光ファイバーの代わりに光蓄積素子とクロック素子との組み合わせより行っている。

第21図において101, 102は光蓄積素子であり、BSOや液晶を組み合わせた空間光変調器等から成っており、応答時間は約1  $\mu\text{sec}$  である。このうち光蓄積素子101は光増幅機能をもっている。103は反射鏡、104はクロック素子であり約5  $\mu\text{sec}$  の間隔で光蓄積素子101, 102を制御している。

本実施例では光遅延を次のようにして行っている。即ち、光蓄積素子101がセット状態で光蓄積素子102がウェーティング状態のとき画像情報はファブリペロー共振器125より光蓄積素子101を介し、光蓄積素子102に蓄積される。次に光蓄積素子102がセット状態で光蓄積素子101がウェーティング状態のときは画像情報はファブリペ

3 3

ロ共振器12をへて光蓄積素子101に蓄積される。そして再び光蓄積素子101がセット状態になれば増幅されて出射し、光蓄積素子102に蓄積する。以上をビット数だけ繰り返して処理を行って

いる。本実施例において処理情報を確認するためA-D変換を実行した後、入力量との比較のために各ディジットに重みを掛けてアナログ量へ戻す手続きを行なった。非線形ファブリペロー共振器での損失や、その他の光路での損失を加味して光増幅器の増幅利得を3.1倍とした。

尚、本実施例においてInSbを非線形媒質としたファブリペロー共振器を構成しても良い。照明光源121として、波長10.6  $\mu\text{m}$  の炭酸ガスレーザを使用することにより、レーザ光がInSbを励起し、このときファブリペロー共振器12は第2図(A)、(B)の入出力特性を示す。応答時間及び緩和時間は凡そ1  $\mu\text{sec}$  である。光増幅素子は共振器を形成しない炭酸ガスレーザを配置し、自然発光が本システムの信号レベルを侵さない程度に励起しておく事により実現した。従って、光増幅素子14を通過する時間はシステム内では無視でき

3 2

る。そして再び光蓄積素子101がセット状態になれば増幅されて出射し、光蓄積素子102に蓄積する。以上をビット数だけ繰り返して処理を行って

いる。本実施例では照明光源121としてはArレーザ(波長514.5nm)を用い、ファブリペロー共振器12としてはZnSeとThF<sub>4</sub>とを交互に配している。ファブリペロー共振器12はArレーザ光を吸収して屈折率が変化する。

本実施例では吸収係数  $\alpha$  と共振器長  $d$  との積  $\alpha d$  を0.1とした。第22図(A)はこのときの入力しきい値でのON/OFF比を重みとして表わした説明図である。

同図は共振器ミラーの反射率  $R_F$  及び  $R_B$  を全範囲でながめたものである。ON/OFF比の高い条件は  $R_F / R_B = e^{-2\alpha d} \approx 0.8$  に沿って存在し、且つ  $R_F$ 、 $R_B$  がある程度大きな値を有する範囲に限られている。

第22図(B)はON/OFF比の高い領域の

3 4

拡大図である。同図から明らかなように  $R_p / R_n = e^{-2\alpha d}$  に沿って最適条件が集中している。

本実施例においては第 19 図に示すような第 1 出力光と第 2 出力光を出力している。このときの応答時間は約 1 nsec である。

以上のような各要素の処理時間により本実施例における光信号の 1 周回時間は 10 nsec であり、8 ビットの処理では約 80 nsec 要している。

例えばフィルムの解像度を  $1000 \times 1000$  とすれば 1 画素当りの処理速度は 1  $\mu$  sec 以下と高速処理が可能である。

第 23 図に示す実施例 4 ではアナログ入力画像 112 からの情報を光増幅素子 111 と光遅延素子 112 そしてファブリペロー共振器 12 とから成る光 A-D 変換器内をビット数に応じて往復させファブリペロー共振器 12 より順次第 1 出力光 T としてデジタル画像を得ている。

光増幅素子 111 は反射光を増幅する機能を有しており、光遅延素子 112 は光増幅素子 111 への入

射光と出射光が混合しないように十分パルス光を遅延させている。

ファブリペロー共振器 12 と光増幅素子 111 とは、GaAs からなり、従って照明光源 121 も GaAs 半導体レーザからの波長 830 nm の光を用いる。光パルス持続時間は 10 nsec、ファブリペロー共振器 12 の応答時間は 5 nsec、緩和時間は 40 nsec、光増幅素子 111 の必要時間は、以上に比べたら無視できる大きさである。光遅延時間を 100 nsec とする為、光ファイバーを 20 m の長さとした。従って、ビット・レートは 100 nsec となる。

以上の各実施例では光 A-D 変換器内に 1 つの非線形ファブリペロー共振器を設け、帰還を行なうことにより処理を行なった例を示したが、例えば複数の非線形ファブリペロー共振器を設け、順次ディジットを出力しても良い。

又、以上の各実施例では非線形ファブリペロー共振器のしきい値は固定であり、光増幅器を用いて相対的にしきい値を各ディジットに合わせて変化させたが、例えば光増幅器を用いず、非線形

## 3 5

ファブリペロー共振器のしきい値を制御して A-D 変換を行なっても良い。この場合も、本発明の特徴である共振器ミラーの反射率、吸収係数、共振器長の関係式は同様に成り立つ。

(発明の効果)

本発明によれば非線形光素子として非線形ファブリペロー共振器を用い、該ファブリペロー共振器を構成する共振器ミラーの反射率、共振器内での光吸収量等のパラメータを適切に設定することにより高速でしかも高精度の光 A-D 変換器を達成することができる。

又、情報の 2 次元並列処理が極めて容易に実現することができる為、画像処理に伴う A-D 変換の高速化が容易となり、更に他の並列処理システムにも円滑に接続可能な A-D 変換処理が可能となる。

その他、光の持つ並列性から得る期待される光コンピューティングの並列ディジタル情報入力手段としても好適な光 A-D 変換器を達成することができる。

## 3 6

## 4. 図面の簡単な説明

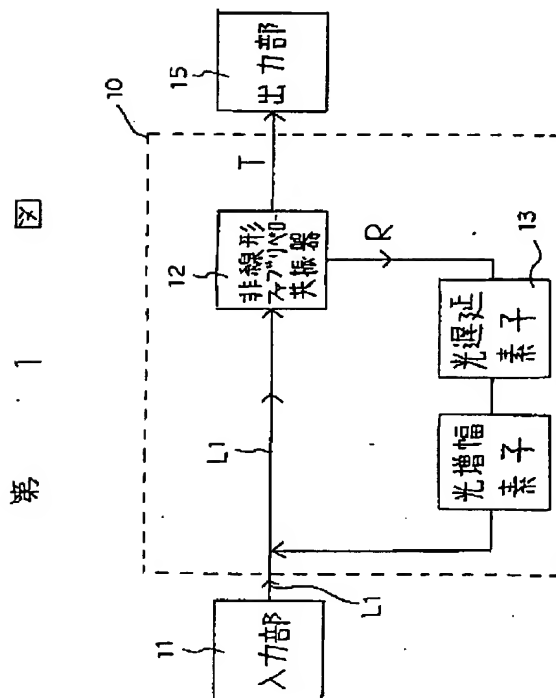
第 1 図は本発明の一実施例の基本構成のブロック図、第 2 図 (A)、(B) は第 1 図に示す非線形光素子の入出力特性の説明図、第 3 図 (A)、(B) は本発明に係る非線形ファブリペロー共振器の説明図、第 4 図～第 7 図は本発明に係る非線形ファブリペロー共振器の入出力特性の説明図、第 8、第 9 図、第 22 図 (A)、(B) は本発明に係る非線形ファブリペロー共振器のしきい値における出力値の ON/OFF 比を表わす説明図、第 10 図、第 11 図、第 19 図は本発明に係る非線形ファブリペロー共振器の入出力強度特性の測定例を示す図、第 12 図は本発明に係る被処理画像の入力手段の説明図、第 13 図はアナログ入力画像の一例を示す説明図、第 14 図 (A)～(P) は各々本発明に係る非線形光素子の入出力特性を説明する為の概略図、第 15 図は本発明の光 A-D 変換器で処理出力されたディジタル情報の説明図、第 16 図は本発明で用いた光増幅器の入出力特性の一例を示す図、第 17 図は第 1 図の実施例の一部を変更

したときの一実施例のブロック図、第18図、第21図、第23図は各々本発明の具体的な実施例の概略図である。第20図は本発明の光A-D変換器を用いてA-D変換を行なった結果を示す説明図である。

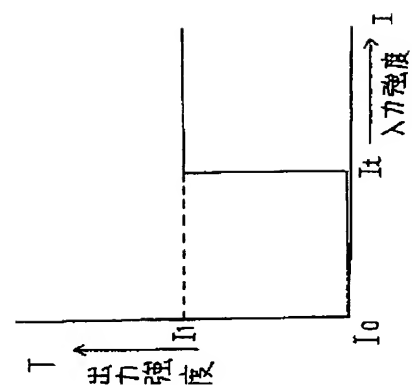
図中、10は光A-D変換手段、11は入力部、12はフアブリペロー共振器、14,111は光増幅素子、13,112は光遅延素子、15は出力部、121は照明光源、122はアナログ入力画像、181はビームスプリッター、182はビット・プレーン化したデジタル画像、16,101,102は光蓄積素子、103は反射鏡、17,104はクロック素子である。

特許出願人 キヤノン株式会社  
代理人 高梨幸雄

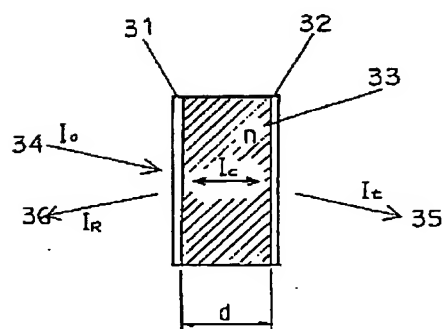
39



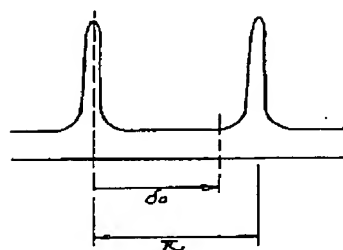
第 2 図 (A)



第 3 図 (A)

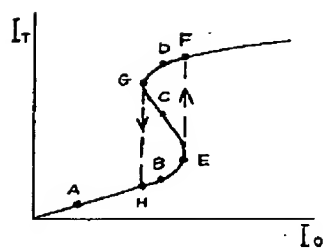
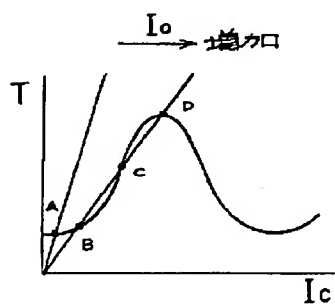


第 3 図 (B)

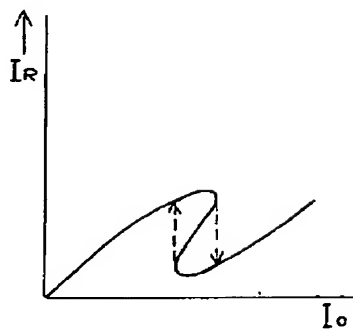


第 4 図 (A)

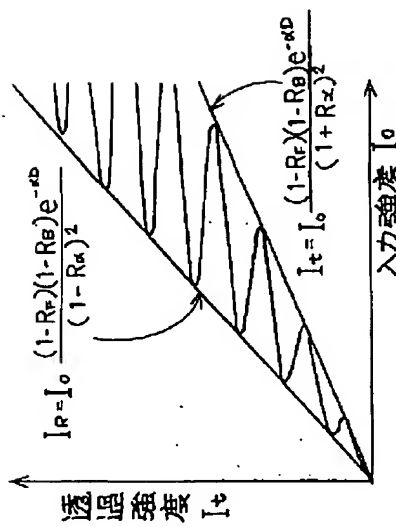
第 4 図 (B)



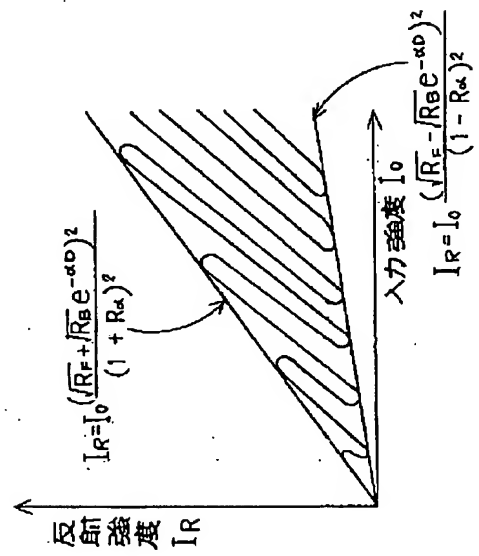
第 5 図



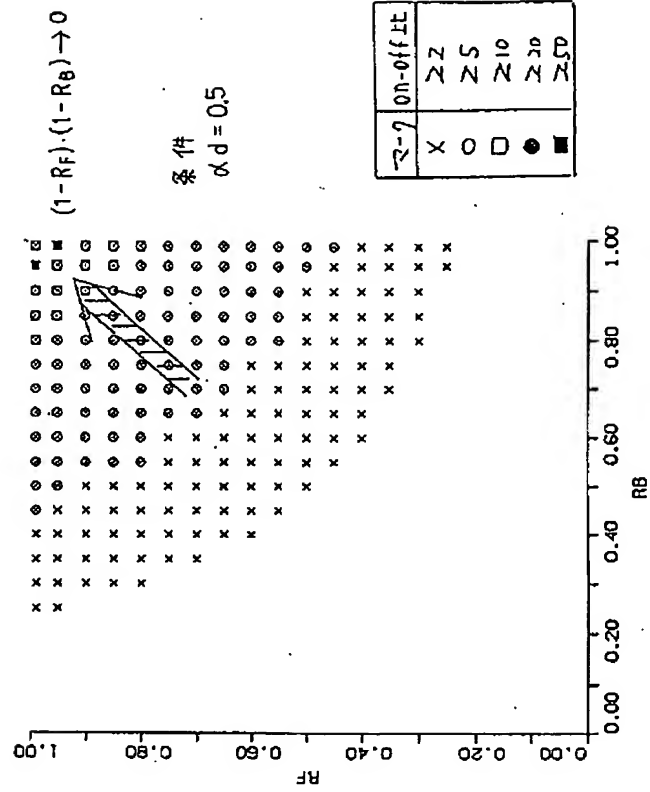
第 6 図



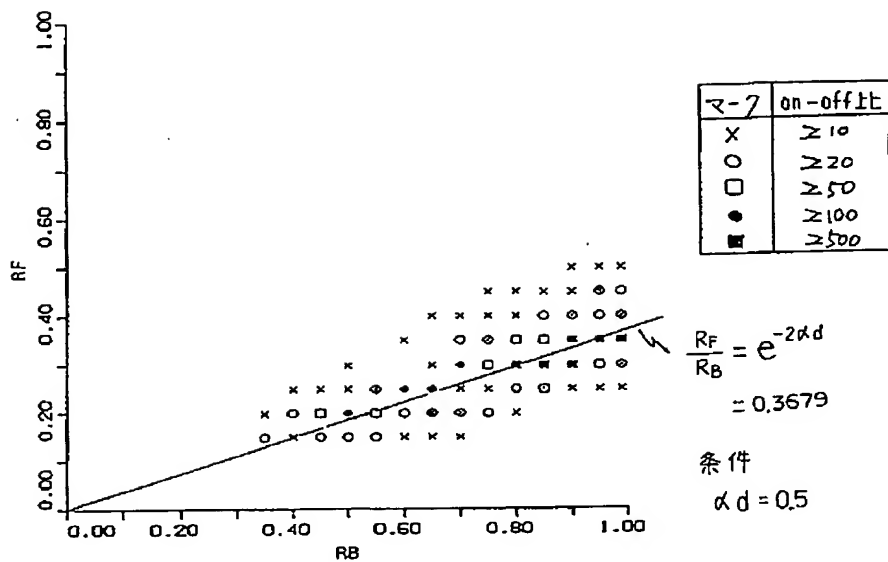
第 7 図



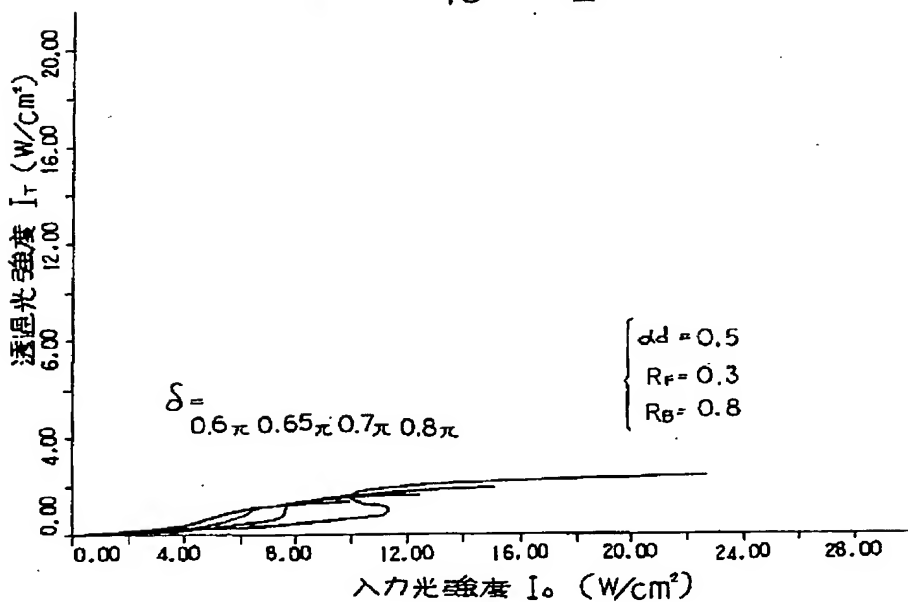
第 8 図



第 9 図

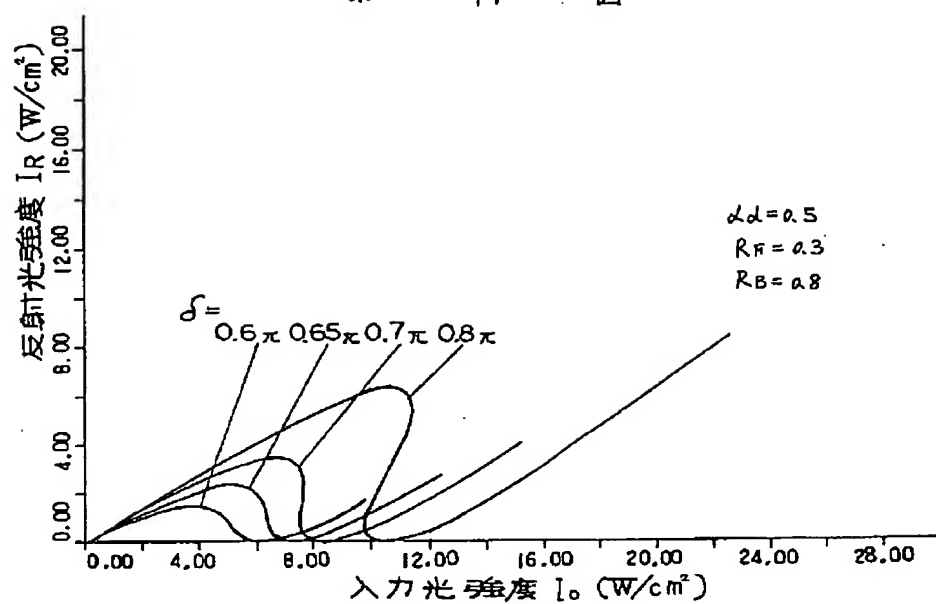


第 10 図

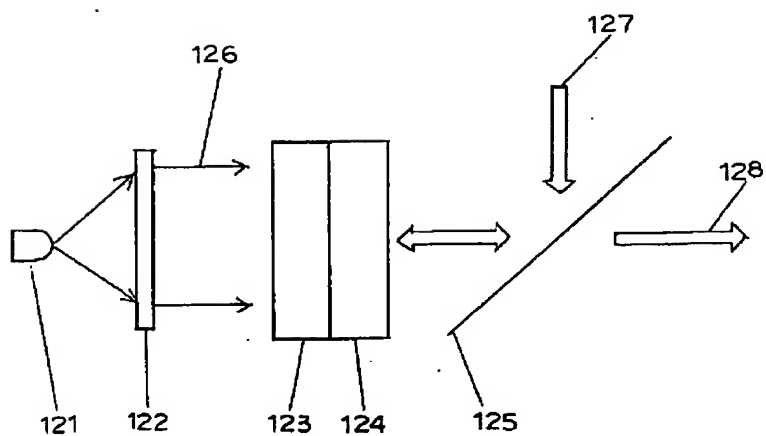




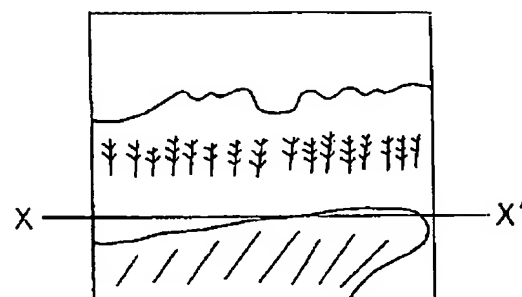
第 11 圖



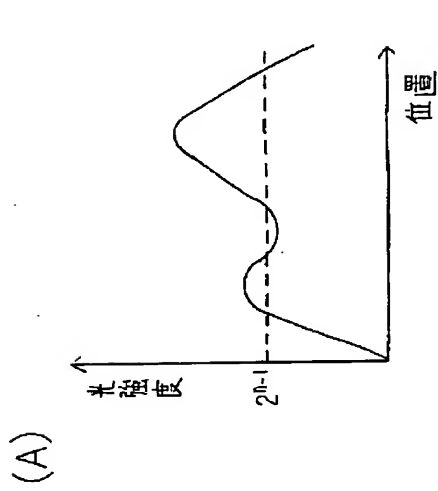
第 12 圖



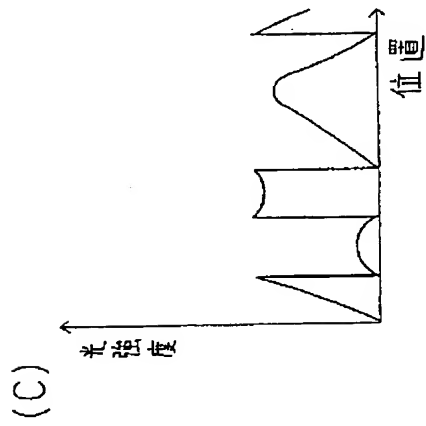
第 13 圖



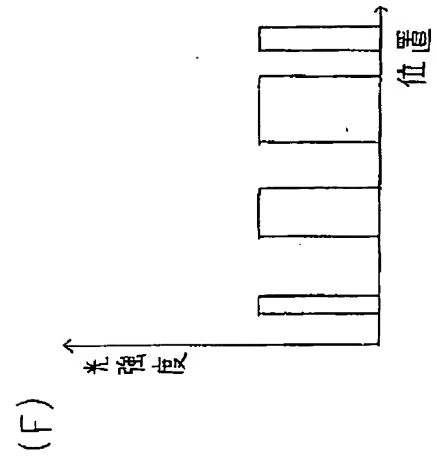
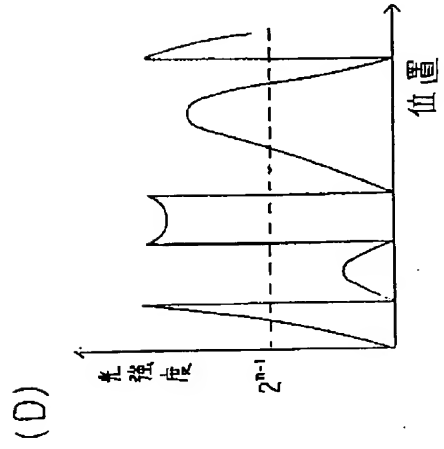
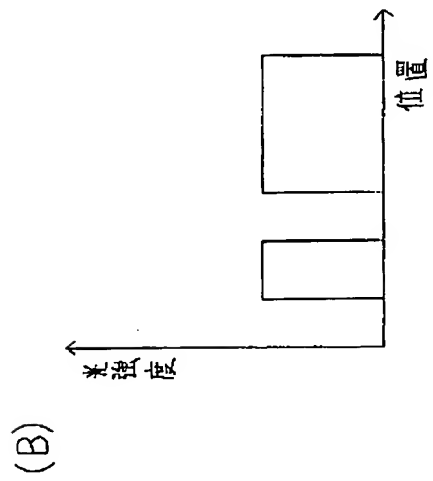
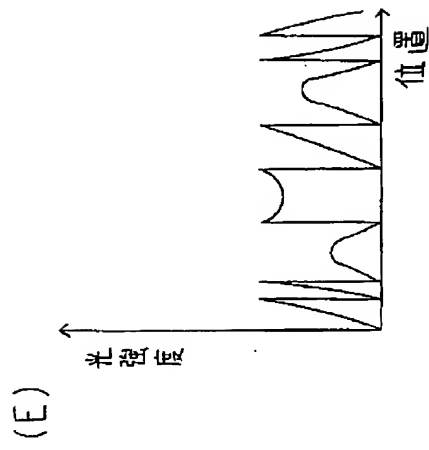
第 14 図



第 14 図



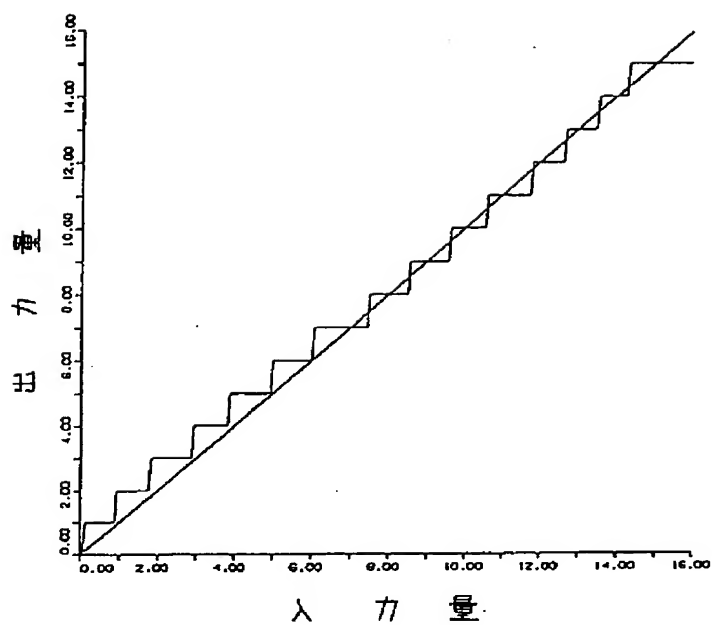
第 14 図



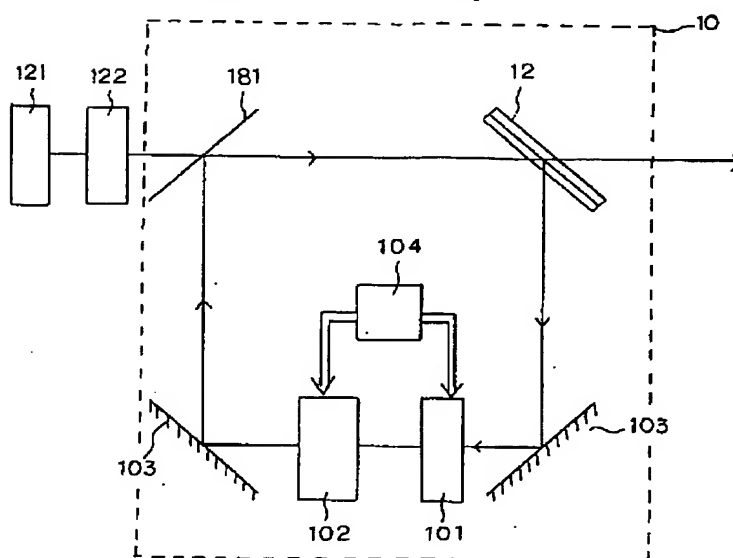




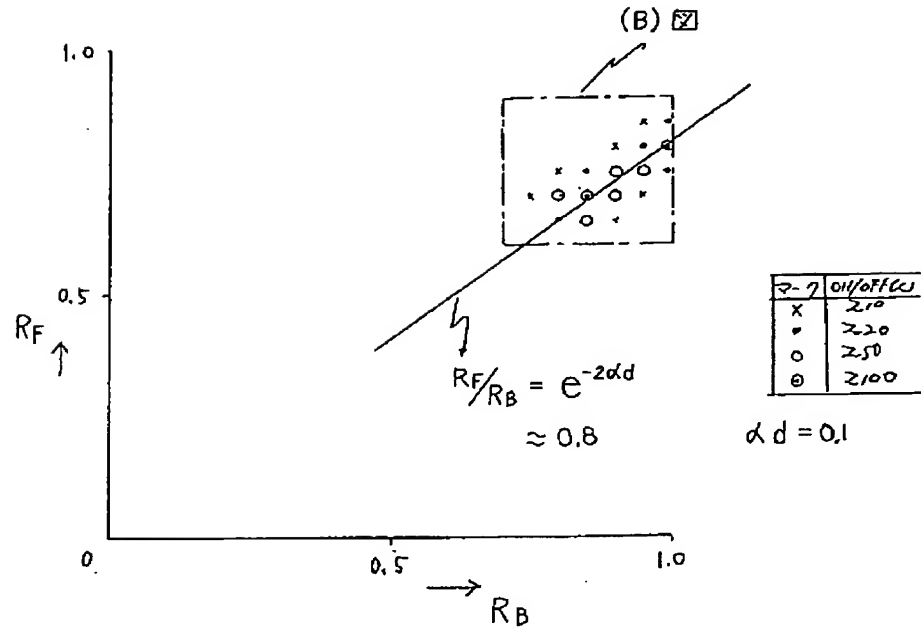
第 20 図



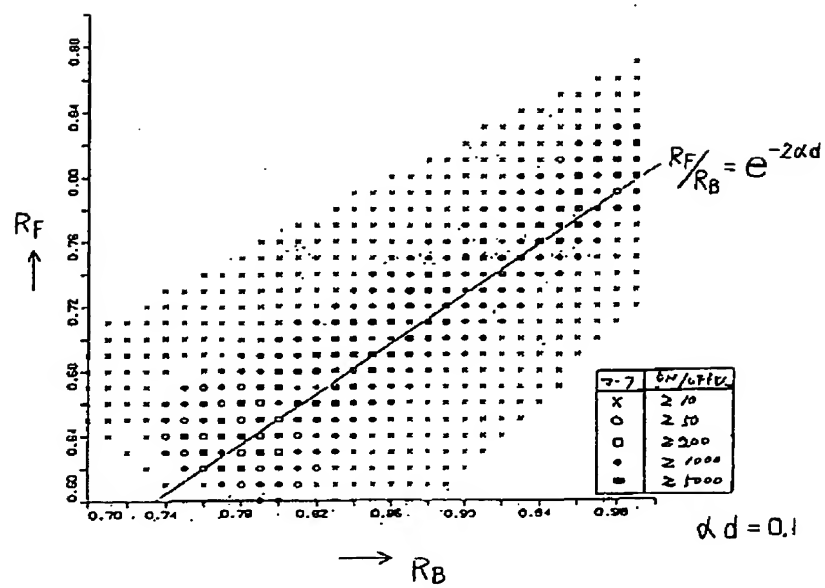
第 21 図



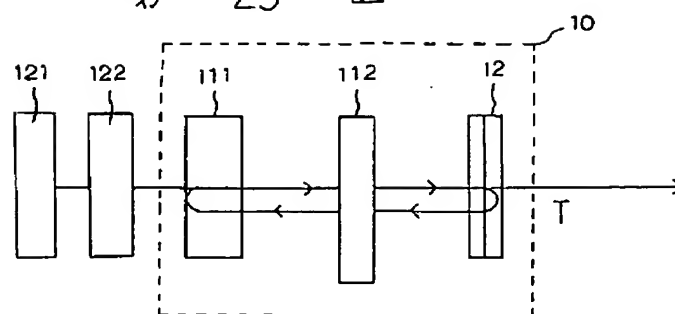
## 第 22 図 (A)



## 第 22 図 (B)



第 23 図



【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 6 部門第 2 区分

【発行日】平成 6 年（1994）8 月 5 日

【公開番号】特開平 1-271730

【公開日】平成 1 年（1989）10 月 30 日

【年通号数】公開特許公報 1-2718

【出願番号】特願昭 63-101026

【国際特許分類第 5 版】

G02F 7/00 9316-2K

G01D 5/26 C 7269-2F

G02F 1/35 9316-2K

# 手続補正書（自発）

平成 6 年 1 月 10 日

特許庁長官 殿

## 1. 事件の表示

昭和 63 年 特 許 願 第 101026 号

## 2. 発明の名称

光 A-D 変換器

## 3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住 所 東京都大田区下丸子 3-30-2

名 称 (100) キヤノン株式会社

代表者 御手洗 肇

## 4. 代理人

居 所 〒152 東京都目黒区自由が丘 2-9-23

ラポール自由が丘 301号 電話 3718-5614

氏 名 (4691) 井理士 高 梨 幸 雄

## 5. 補正の対象

(1) 明細書の「特許請求の範囲」・「発明の詳細な説明」の欄。

## 5. 補正の内容

(1) 明細書の特許請求の範囲を別紙のとおり補正する。

(2) 明細書第 7 頁第 13 行目から第 8 頁第 9 行目にかけての「入力光に……ことである。」を「入力光に対して一定のしきい値を有し、入力光が該しきい値以下のときは第 1 出力光としてディジット 0 を意味するデジタル信号に相当する強度の光を、第 2 出力光として該入力光強度に比例した強度の光を各々出力し、入力光が該しきい値以上のときは第 1 出力光としてディジット 1 を意味するデジタル信号に相当する強度の光を、第 2 出力光として該入力光強度から該しきい値を差し引いた光強度に比例する光を各々出力する非線形光素子を有する光 A-D 変換手段を利用した光 A-D 変換器において、該非線形光素子は非線形ファブリペロー共振器から成り、該非線形ファブリペロー共振器における入射側と透過側のミラーの反射率を各々 RF、RB とし、共振器内の吸収係数を  $\alpha$ 、共振器長を d としたとき RF/RB の値が  $e^{-2\alpha d}$  近傍の値をとるように設定したことである。」と補正する。



## 2. 特許請求の範囲

(1) 入力光に対して一定のしきい値を有し、入力光が該しきい値以下のときは第1出力光としてディジット0を意味するデジタル信号に相当する強度の光を、第2出力光として該入力光強度に比例した強度の光を各々出力し、入力光が該しきい値以上のときは第1出力光としてディジット1を意味するデジタル信号に相当する強度の光を、第2出力光として該入力光強度から該しきい値を差し引いた光強度に比例する光を各々出力する非線形光素子を有する光A-D変換手段を利用した光A-D変換器において、該非線形光素子は非線形ファブリペロー共振器から成り、該非線形ファブリペロー共振器における入射側と透過側のミラーの反射率を各々RF、RBとし、共振器内の吸収係数を $\alpha$ 、共振器長を $d$ としたとき $RF/RB$ の値が $e^{-2\alpha d}$ 近傍の値をとるように設定したことを特徴とする光A-D変換器。

(2) 前記光A-D変換手段は前記非線形光素子

からの第2出力光を予め設定した増幅処理を行う光増幅素子を介した後、該非線形光素子に入力光として再入力する構成の光学的な帰還系を有していることを特徴とする請求項1記載の光A-D変換器。

(3) 前記第2出力光はアナログ信号光であり、前記光増幅素子は入力されたアナログ信号光の強度を該アナログ信号光が前記非線形光素子に再入力するとき2倍となるように増幅処理をしていることを特徴とする請求項2記載の光A-D変換器。

(4) 前記非線形光素子と前記光増幅素子とを光学的に帰還配置した帰還系の光路中の一部にこれらの各素子間での光信号が互いに混合しないように光遅延を行う為の光遅延素子を設けたことを特徴とする請求項3記載の光A-D変換器。

(5) 前記光A-D変換手段は前記非線形光素子のしきい値を前記第2出力光が該非線形光素子に再入力するとき1/2倍となるような制御部を有していることを特徴とする請求項1記載の光A-

D変換器。

(6) 前記光A-D変換手段は前記非線形光素子からの第2出力光を、該非線形光素子に入力光として再入力する構成の光学的な帰還系を有していることを特徴とする請求項5記載の光A-D変換器。

(7) 前記非線形光素子を有した帰還系の光路中の一部に光信号が該非線形光素子内で互いに混合しないように光遅延を行う為の光遅延素子を設けたことを特徴とする請求項6記載の光A-D変換器。

(8) 前記光A-D変換手段への入力光は3原色分離手段により多色画像情報から空間的若しくは時系列的に得た3原色の画像情報を有する光を波長変換手段に入力し、該波長変換手段により各々一定の波長より成る画像情報に変換した光であることを特徴とする請求項1記載の光A-D変換器。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**